



# II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

# MasterClass 13



“Convertir plantas de tratamiento de aguas residuales en biofactorías: Desde bio-recursos hasta productos de valor”

Patrocinada por:

**sacyr**

**Álvaro Mayor**

Project Manager de CETAQUA  
Grado y Máster en Ingeniería Química

II Ciclo de 20  
**MasterClass**

AGUASRESIDUALES.INFO



## Cetaqua

Modelo de colaboración público-privada creado para garantizar la sostenibilidad y la eficiencia del ciclo integral del agua, teniendo en cuenta las necesidades locales.

Este modelo se ha consolidado como un referente en la aplicación del conocimiento científico al agua y al medio ambiente, creando productos y servicios en beneficio de la sociedad.

**CETAQUA**  
BARCELONA



**CETAQUA**  
GALICIA



**CETAQUA**  
ANDALUCÍA



**CETAQUA**  
CHILE



**CETAQUA**

## Áreas de investigación en Cetaqua



*Programa de investigación orientado a aportar soluciones digitales y sostenibles para afrontar los retos que plantea el cambio climático.*

*Alineado con los objetivos de desarrollo sostenible que plantea las Naciones Unidas.*



## EDAR

Una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) es el conjunto de instalaciones que tienen por objeto la reducción de la contaminación de las aguas residuales hasta límites aceptables para el cauce receptor.

Una EDAR también busca tratar los fangos producidos en los procesos de depuración del agua residual, a fin de conseguir un producto que cumpla con las condiciones exigidas para el destino que se les vaya a dar (vertedero, uso agrícola, compostaje, etc.).

## El modelo de Biofactoría



## BIOFACTORÍA

Es una planta en la que se gestiona y trata el agua urbana y/o industrial y durante el proceso de tratamiento se recuperan energía y productos de alto valor añadido.

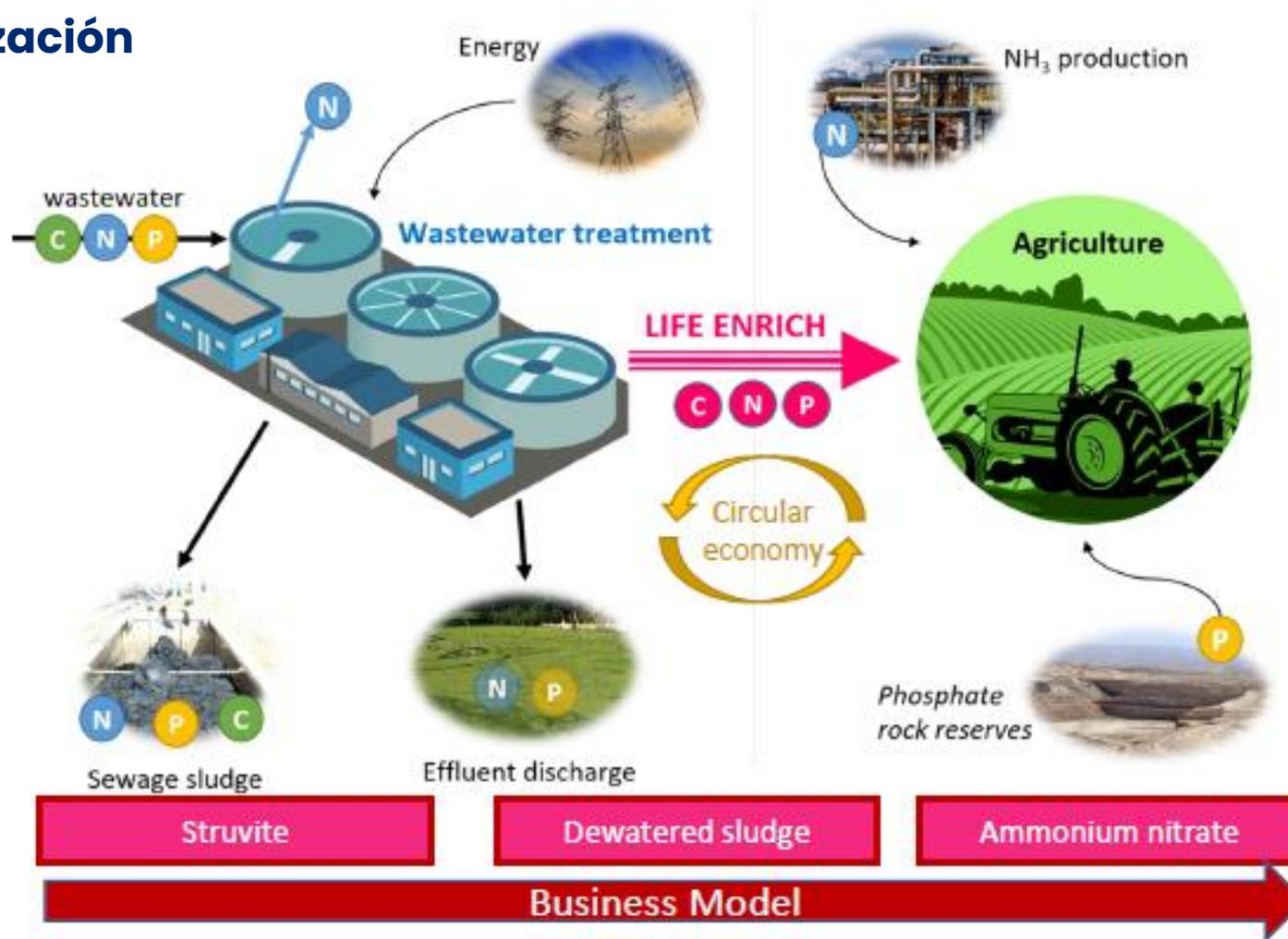
Se consigue una producción sostenible mediante procesos fisicoquímicos biotecnológicos para producir materiales, productos químicos y energía a partir de residuos orgánicos.

Los productos que se pueden obtener de una biofactoría incluyen agua limpia, energía renovable, fango tratado y estabilizado, fertilizantes orgánicos y productos de alto valor añadido, como bioplásticos, enzimas, ácidos grasos...

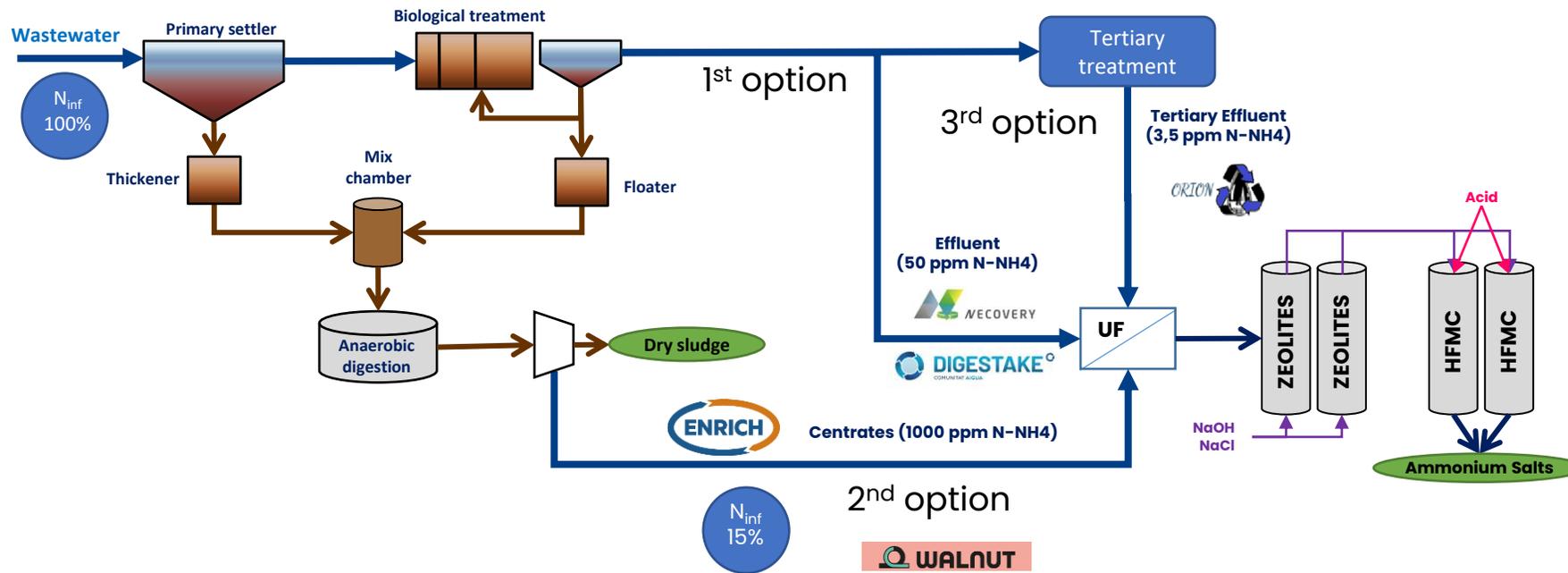
# Nutrientes y agua regenerada

---

## Recuperación y valorización de nutrientes



## ¿Dónde se encuentran los nutrientes?



## Recuperación de N y P y valorización como fertilizantes



[www.life-enrich.eu](http://www.life-enrich.eu)

### Objetivo:

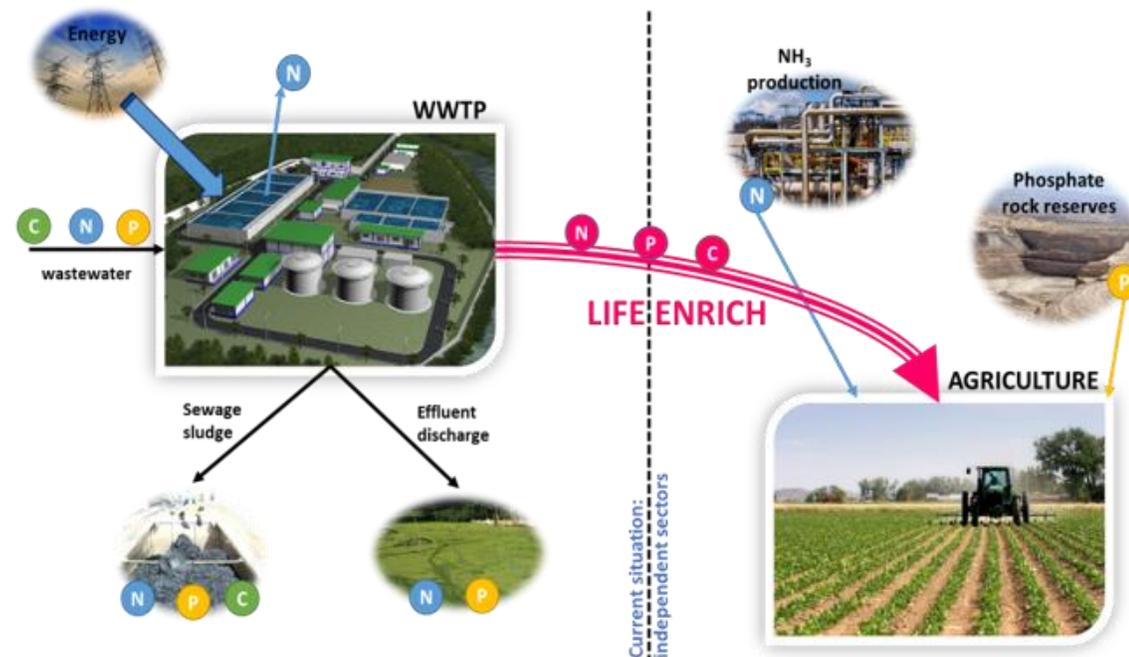
Desarrollo y validación de trenes tecnológicos para la recuperación de estruvita y sales de amonio a partir de agua residual y lodos de EDAR

**Site demostrativo:** EDAR Murcia Este

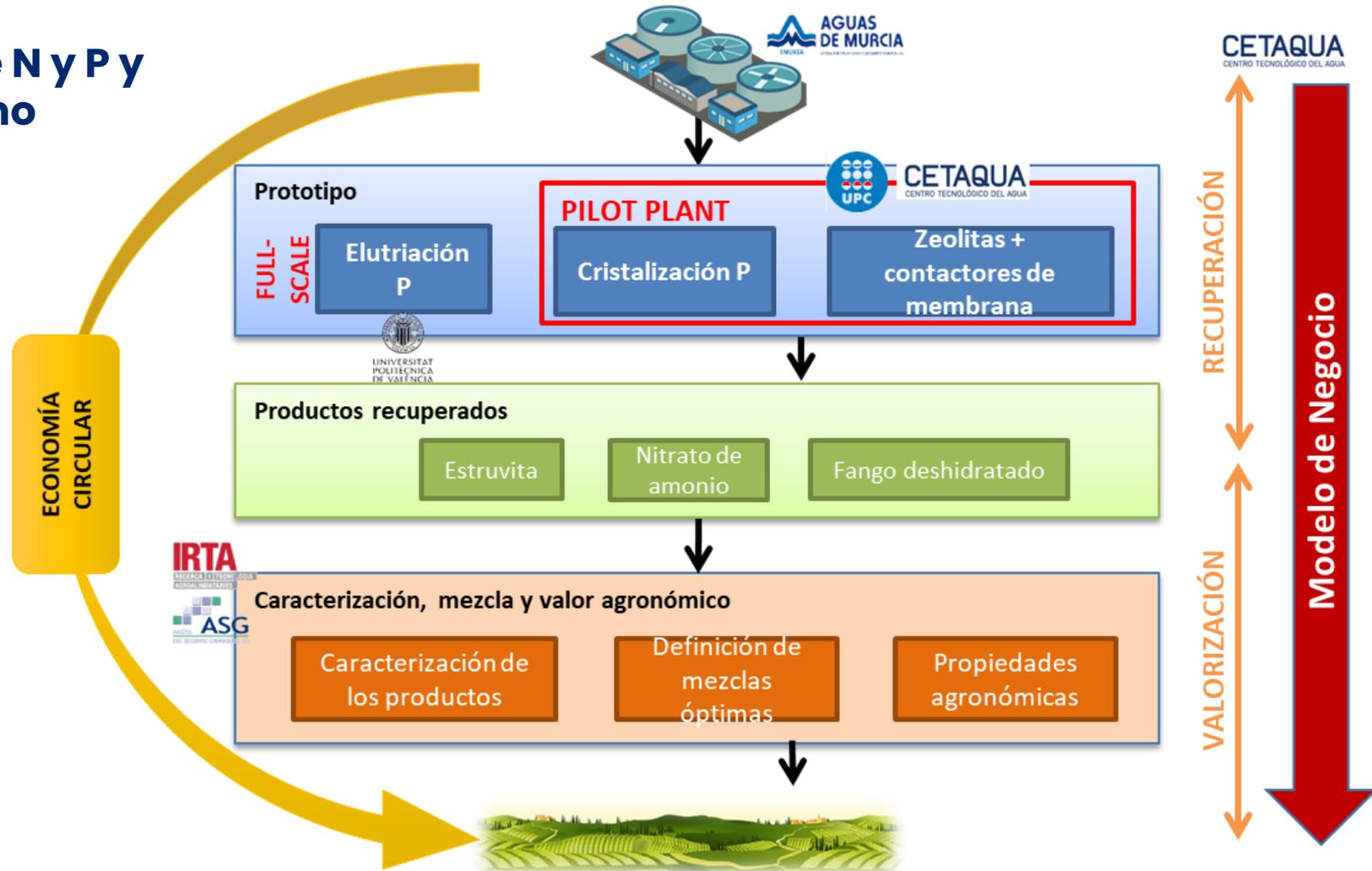
**Duración:** 09/2017-02/2022

**Presupuesto:** 2,78 M€

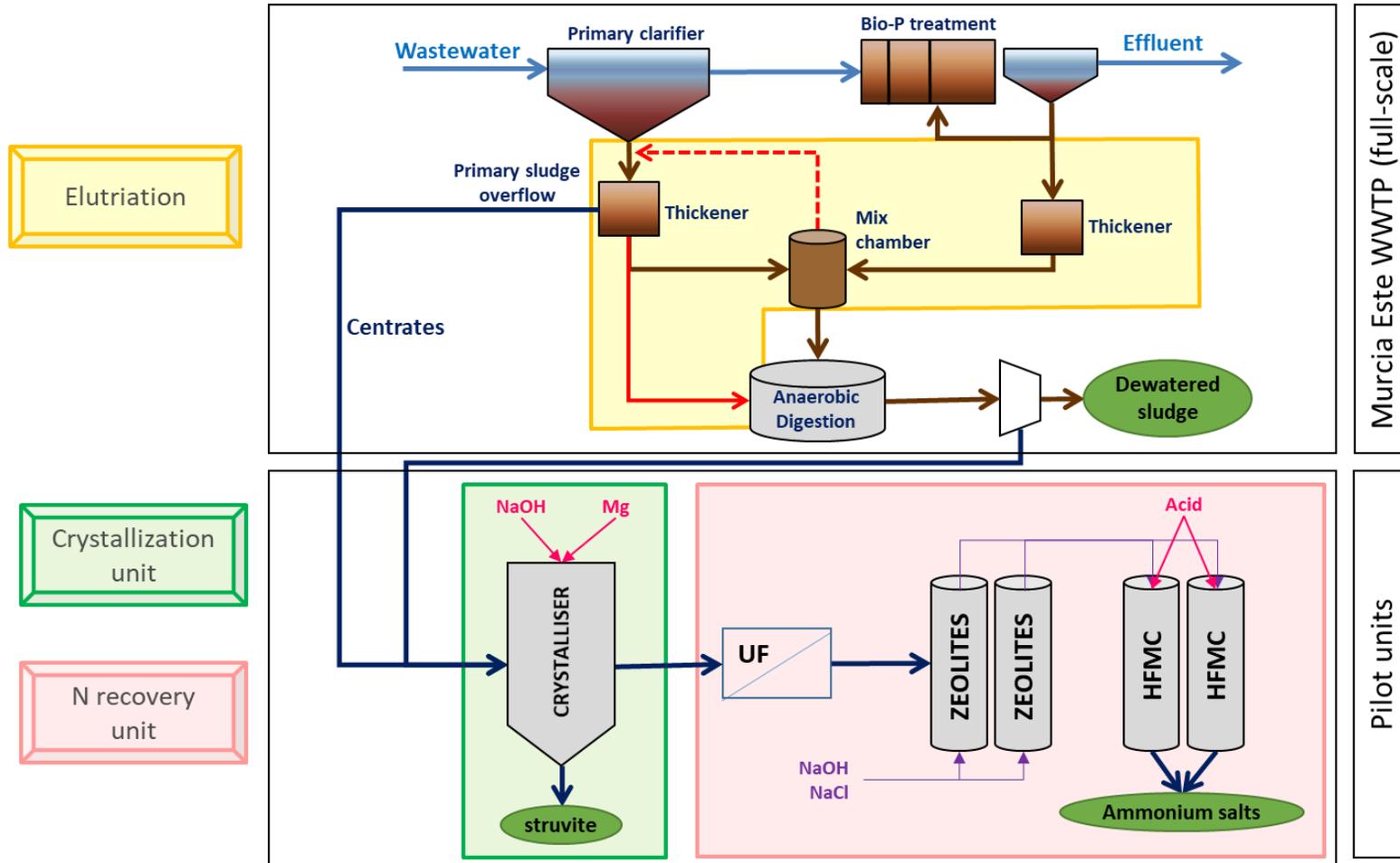
**Socios:**



## Recuperación de N y P y valorización como fertilizantes



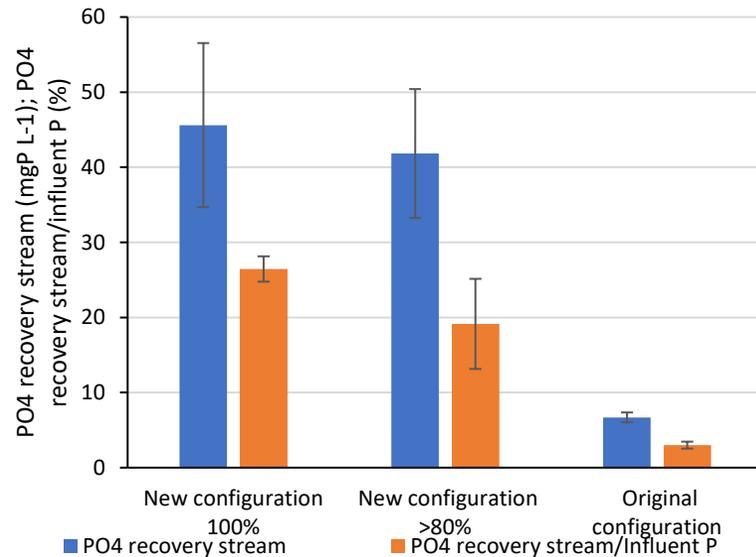
## Recuperación de N y P y valorización como fertilizantes



[www.life-enrich.eu](http://www.life-enrich.eu)

CETAQUA

## Recuperación de N y P y valorización como fertilizantes



### Operación 2020-2021

TRH DE =  $27,1 \pm 9,9$  h

RE (P) =  $48,6 \pm 22,1$  %

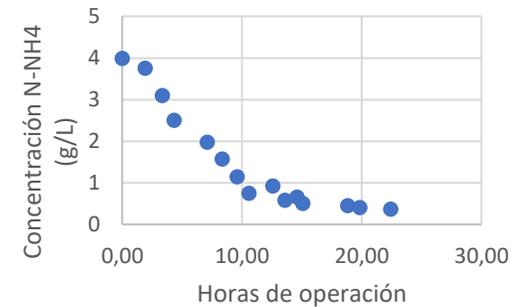
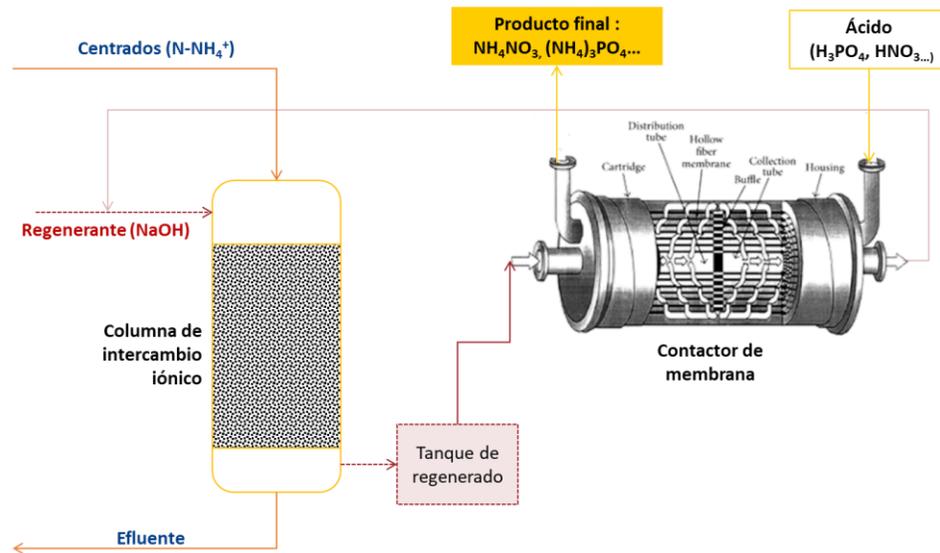
Lodo a DE  $\geq 80$  %

(DE: depósito de elutriación)



- ✓ Recuperación estable de fósforo (P-PO<sub>4</sub>) >85%
- ✓ pH 8,2, Mg/P 1,3, N-NH<sub>4</sub>/P 4
- ✓ Crecimiento de estruvita en rango 0,5-2 mm
- ✓ Producción estable de 5-6 kg/d
- ✓ **Struvita cumple con los requisitos del FPR EU 2019/1009**
- ✓ Composición elemental de estruvita y DRX OK
- ✓ Bajo contenido de COT <2% y metales
- ✓ Libre de patógenos y microcontaminantes

## Recuperación de N y P y valorización como fertilizantes



- ✓ Eficacia recuperación de N 70% (77% zeolitas; 91% contactores de membrana)
- ✓ 40 L/semana de nitrato de amonio.
- ✓ N<sub>tot</sub> 23,6%p nitrato de amonio (50% N recuperado)
- ✓ El fertilizante producido no presenta metales ni contaminantes emergentes.

## Recuperación de N y P y valorización como fertilizantes



[www.life-enrich.eu](http://www.life-enrich.eu)

### Elutriación

- Reducción problemas precipitación incontrolada de P
- Mejora deshidratación fango

### Cristalización estruvita

- 85% recuperación P
- Estruvita cumple EU FPR (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> >16%; bajo contenido en metales, OMP, patógenos, PAH)

**Potencial producción:**  
**1100 t/año**

### Producción sales de amonio

- 70% recuperación N (77% ZE+91% CM)
- Efluente <150 mg/L NNH<sub>4</sub>
- Nitrato amonio 21%<sub>w</sub> libre de metales pesados y OMP

**Potencial producción:**  
**1937 t/año**

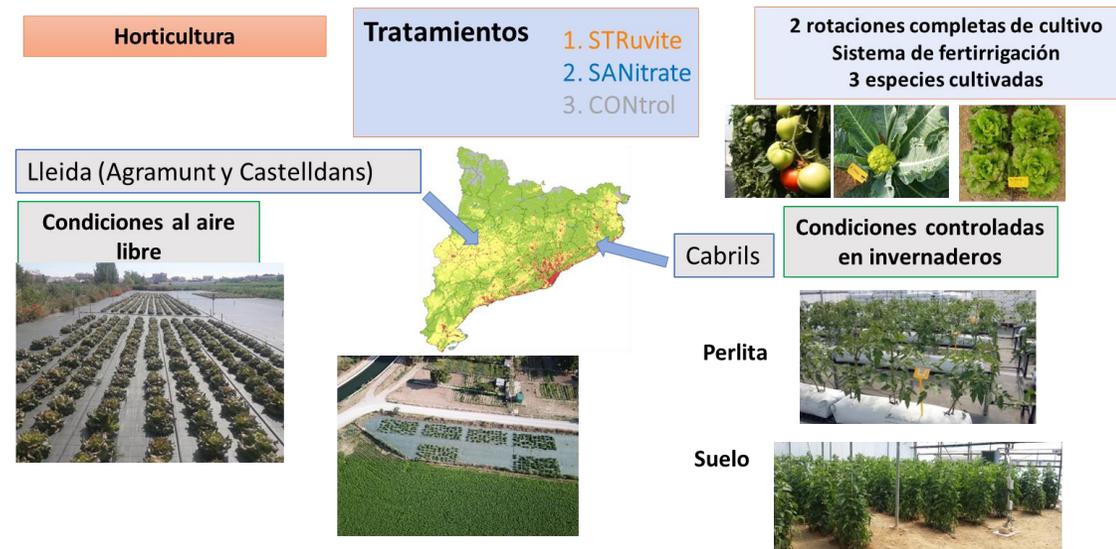


## Recuperación de N y P y valorización como fertilizantes

Determinar si los 2 productos (estruvita y nitrato de amonio) obtenidos en la EDAR pueden utilizarse como fertilizantes solubles  
Conseguir formulaciones de soluciones nutritivas sostenibles con estos fertilizantes y un buen manejo de los sistemas de fertirrigación para diferentes sustratos y especies hortícolas (Cabrls - IRTA y Lleida - ASG)



Establecer protocolos para el uso de lodos deshidratados como acondicionador del suelo para especies cultivables (Lleida - ASG)



## Casos de estudio - 1

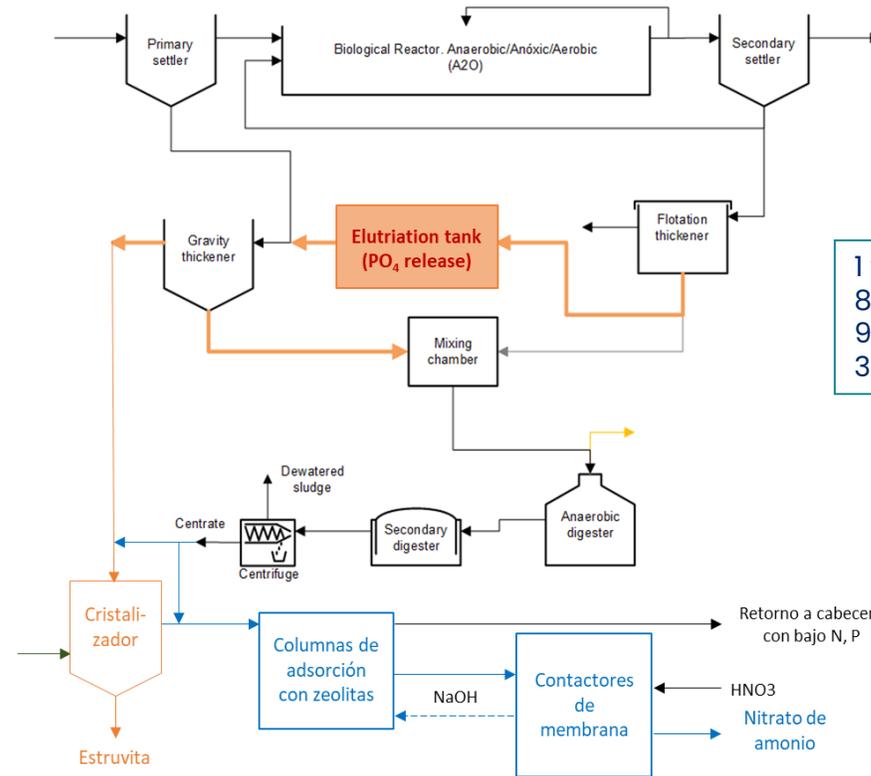
		Influent	Effluent
Flowrate	m <sup>3</sup> /d	99,124	99,124
Pt	mg/L	9.1	1.6
Nt	mg/L	77	16.3

	Struvite		Ammonium nitrate	
	kg/d	t/y	kg/d	t/y
Fertilizer	3015	1100	5307	1937
P recovery	381	139	-	-
N recovery	172	63	642	234

Recuperación 42% P y 11% N influente (8,4% AN)

### Ahorros

- 20% fango producido
- 27% consumo poli
- 18% E deshidratación
- 85% consumo antiescalante y limpiezas externas centrífugas
- 7,4% E aireación (reducción carga N a biológico. 1,17 kWh/kg N)



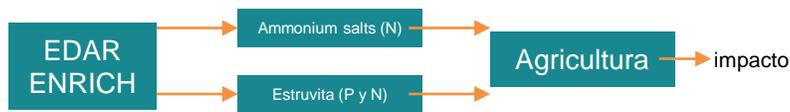
1 tanque elutriación (700m<sup>3</sup> D 15 m)  
8 CR (25 m<sup>3</sup> D 2,4 x H 7,2 m)  
9x2 columnas ZE (D 2,4 x H 3,4 m)  
37 módulos CM (D 0,3 x H 0,6 m)

## Casos de estudio

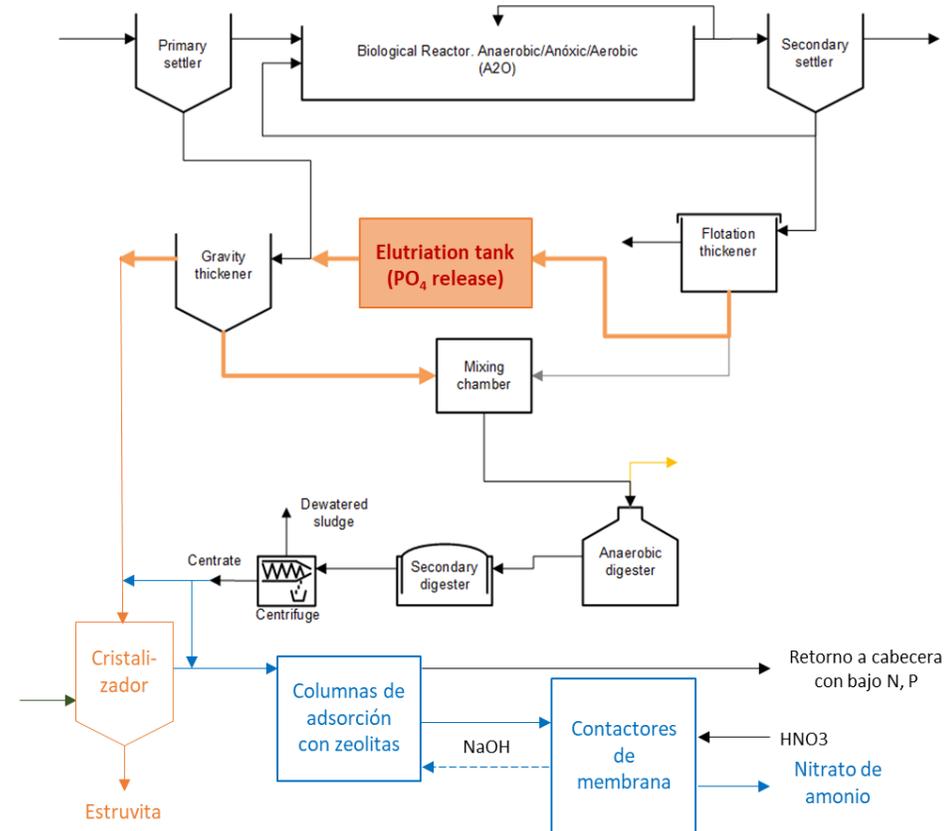
**Base case:** Retirar los nutrientes en EDAR, aplicación de fertilizantes químicos



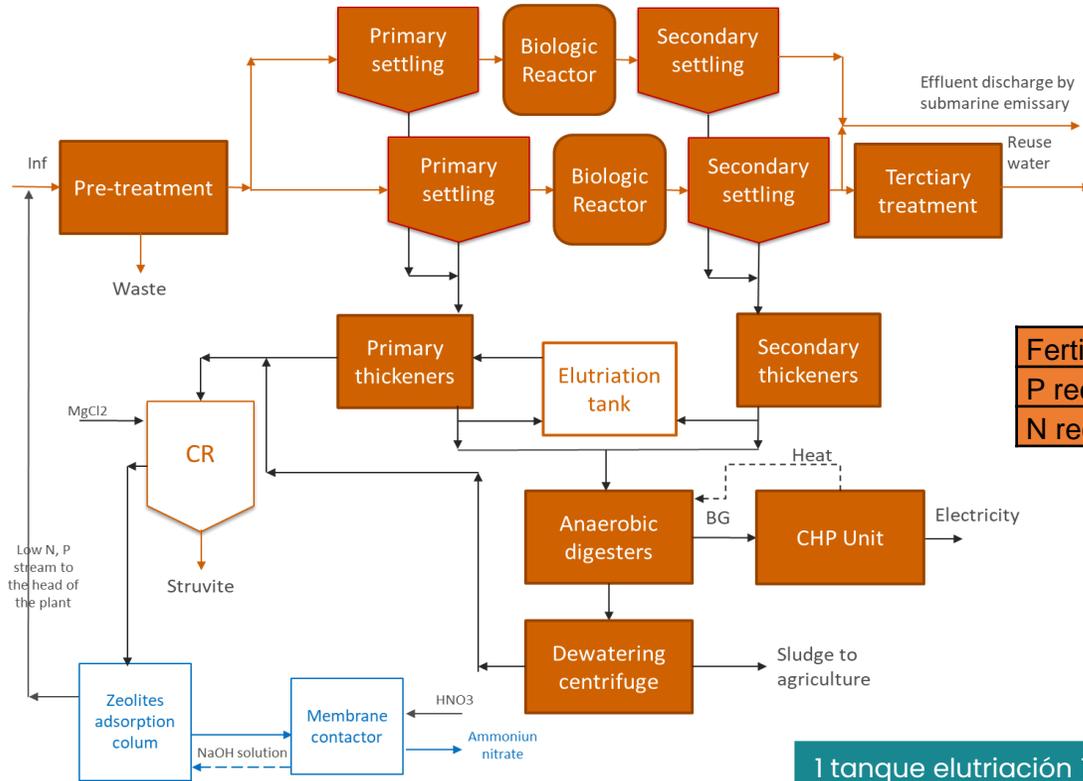
**Full ENRICH case:** Recuperación P y N en EDAR mediante estruvita y sales de amonio, fertilización completa de P y N con fertilizadores recuperados



**Struvite ENRICH case:** Recuperación P y N en EDAR mediante estruvita. Fertilización completa del P y parcial del N con estruvita. Fertilización parcial del N con químicos fertilizantes.



## Casos de estudio - 2



		Influent	Effluent
Flowrate	m <sup>3</sup> /d	273,000	273,000
P <sub>tot</sub>	mg/L	7.2	0.8
N <sub>tot</sub>	mg/L	62	36.1

	Struvite		Ammonium nitrate	
	kg/d	t/y	kg/d	t/y
Fertilizer	4,949	1,806	7,716	2,816
P recovery	626	229	-	-
N recovery	283	103	923	337

Recuperación 32% P y 7,1% N influente (5,5% AN)

### Ahorros

- 152 k€/año optimización biológico (estudio previo)
- -20% fango producido
- -27% consumo poli
- -18% E deshidratación
- -7,4% E aireación (reducción carga N a biológico)
- precipitación incontrolada P no cuantificada

1 tanque elutriación 1500 m<sup>3</sup>  
 12 CR  
 11x2 columnas ZE  
 47 módulos CM

### Casos de estudio - 3

**Ahorros**

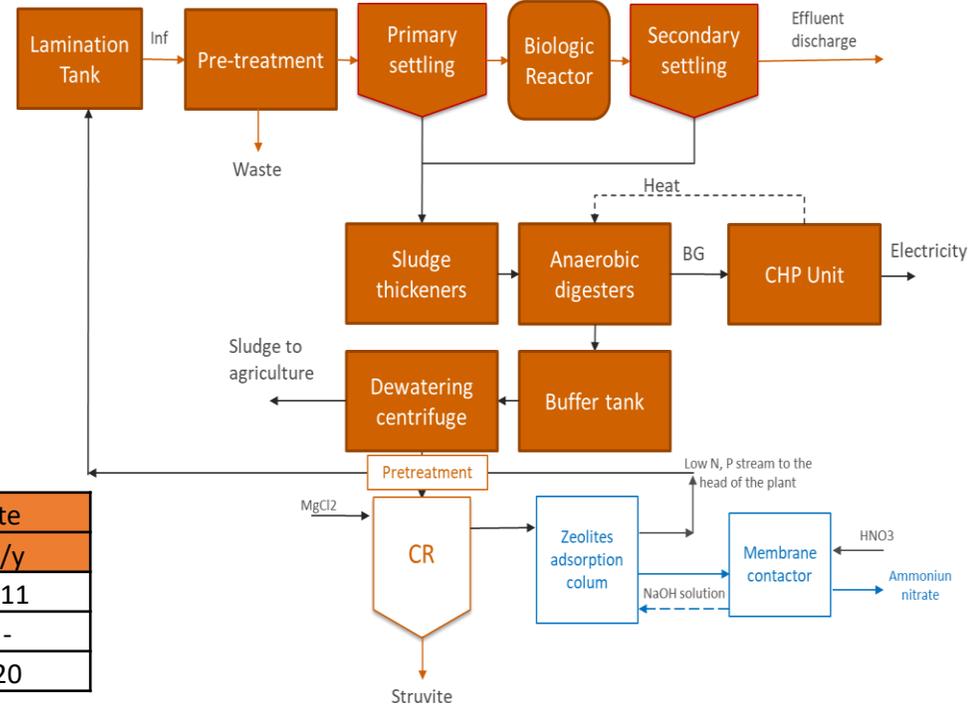
- 7,4% E aireación (reducción carga N a biológico)

1 CR  
 1x2 columnas ZE  
 4 módulos CM

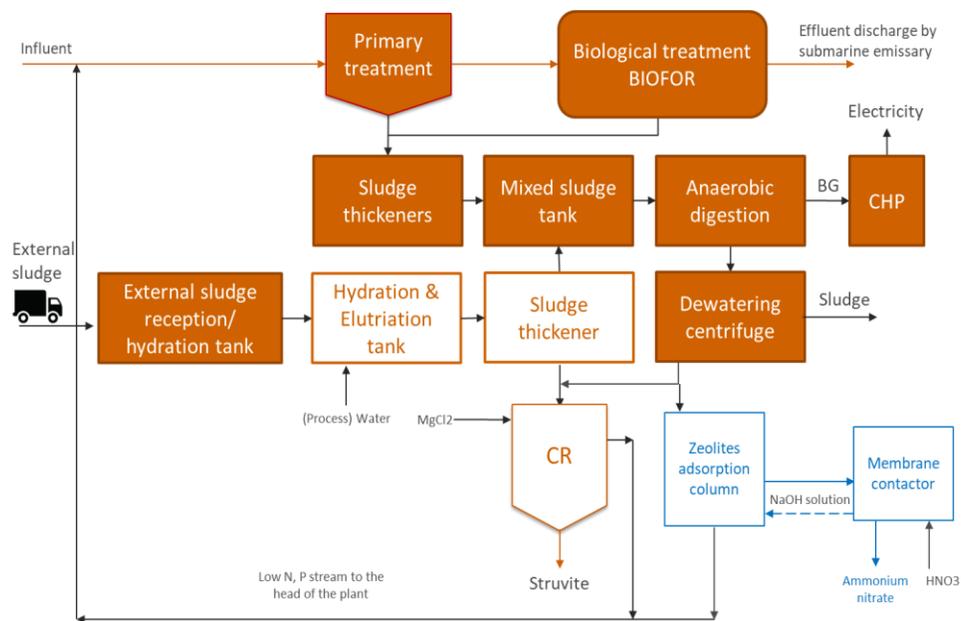
		Influent	Effluent
Flowrate	m <sup>3</sup> /d	23,411	23,411
P <sub>tot</sub>	mg/L	10.9	1.2
N <sub>tot</sub>	mg/L	73	28.0

	Struvite		Ammonium nitrate	
	kg/d	t/y	kg/d	t/y
Fertilizer	675	247	852	311
P recovery	85	31	-	-
N recovery	39	14	54	20

Recuperación 34% P y 5,4% N influente (3,1% AN)



## Casos de estudio -4



		Influent	Effluent
Flowrate	m <sup>3</sup> /d	17,353	17,353
P <sub>tot</sub>	mg/L	5.5	4.3
N <sub>tot</sub>	mg/L	69	68.1

	Struvite		Ammonium nitrate	
	kg/d	t/y	kg/d	t/y
Fertilizer	253	92	3,240	1,183
P recovery	32	12	-	-
N recovery	14	5	321	117

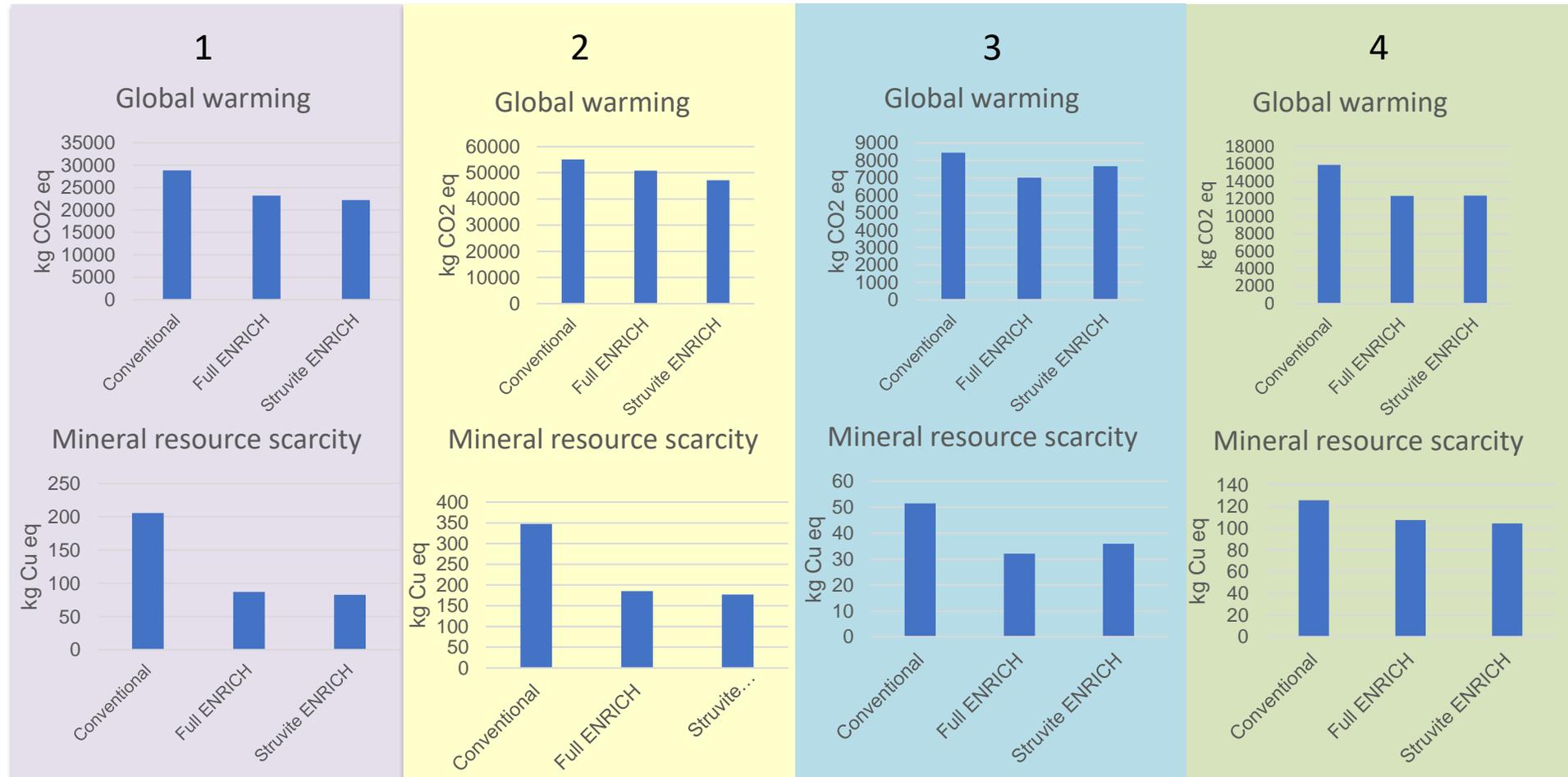
### Ahorros

- 20% fango producido (externos)
- 27% consumo poli
- 18% E deshidratación
- 100% consumo antiescalante, mantenimiento (material), limpiezas externas



1 tanque elutriación (700 m<sup>3</sup>)  
1 flotador (1100 m<sup>3</sup>)  
1 CR  
3x2 columnas ZE  
13 módulos CM

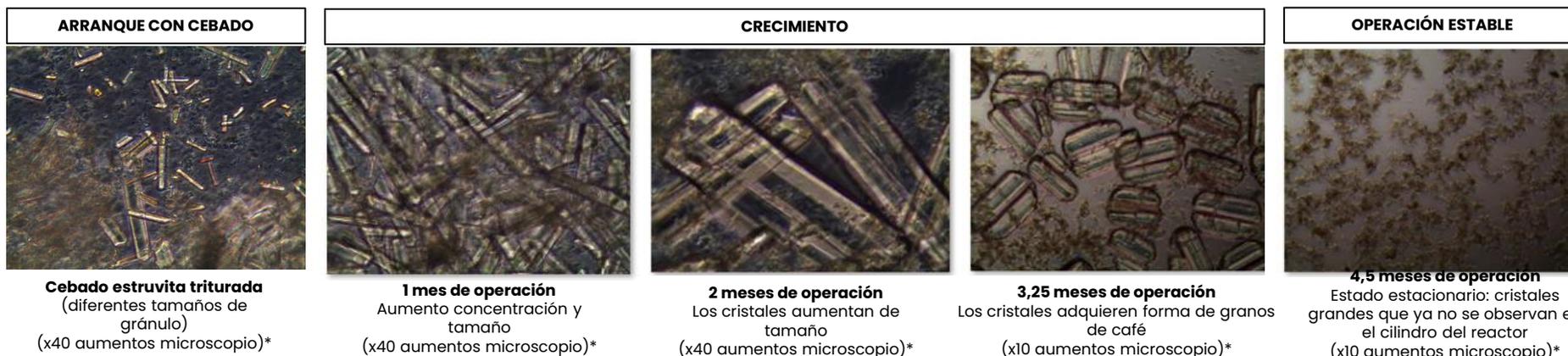
## Beneficio ambiental



## Lecciones aprendidas

### Arranque

Cebado con estruvita, recomendable: menor tiempo hasta operación normal, condiciones de arranque y consumo de químicos similares a operación normal (pH 8,2)  
Nucleación de estruvita (desde cero), no recomendable: mayor tiempo hasta operación normal, condiciones arranque más extremas e inestables que en operación normal, mayor consumo de químicos (pH 10, exceso de Mg, dopaje de P)



### Cosecha de estruvita

La fracción de finos (gránulos que no superan el tamaño de corte y agua extraída en la cosecha) ha de devolverse al reactor para mantener la distribución de tamaños de gránulo en el lecho y facilitar su crecimiento



Muestra estruvita seca sin impurezas 0,5-2 mm - sobrenadante



Gránulos de estruvita de diferente tamaño con impurezas y escamas de estruvita de la pared del reactor - escurridos deshidratación

### Monitorización

- Presión en el reactor e imágenes bajo microscopio: información muy útil sobre crecimiento, estabilidad y calidad de la estruvita, simples, rápidas, bajo coste

- La fase de crecimiento es esencial para optimizar la operación: SSI óptimo, tamaño y forma de los gránulos pueden variar y se determinan en la fase de crecimiento

## Lecciones aprendidas

### Régimen de operación y pretratamiento

- Operación continua y TSS alimentación < 0,4 g/L. Decantación, UF (si no es suficiente). La **acumulación de TSS** obstruirá el lecho de zeolitas.

### Funcionamiento de las zeolitas

- Puesta en marcha: obligatorio activar las zeolitas naturales con un lavado con NaOH
- Evaluar competencia de otros iones con NH<sub>4</sub> (K, P) + pruebas lab para determinar la capacidad de adsorción (CEC – Cation Exchange Capacity)
- Minimizar duración de las regeneraciones y asegurarse de que el pH de la columna se restablezca después de cada ciclo (de pH 12 durante la regeneración a menos de 9 en funcionamiento) para evitar la degradación de la zeolita
- Para elevadas concentraciones de Ca, pueden ocurrir **precipitados de calcio** a pH > 9 lavados ácidos puntuales
- Monitorización del NH<sub>4</sub>: preferiblemente en continuo, también con kits

### Funcionamiento del contactor de membrana

- Secado con aire caliente (40°C) después de cada ciclo para mantener la membrana seca y evitar la **humectación de los poros** y por lo tanto el **transporte de agua**; se aconseja realizar pruebas de integridad semanales; registro del ácido dosificado y del incremento en el volumen del fertilizante producido
- Tanques de almacenamiento herméticos para evitar **pérdidas de NH<sub>3</sub>**
- Gas amoniacal y nítrico altamente concentrado: buen sistema de ventilación e inspecciones visuales semanales para detectar y prevenir eventos de **corrosión**

## Futuros pasos



[www.walnutproject.eu](http://www.walnutproject.eu)

**Closing wastewater cycles for nutrient recovery**

**Presupuesto:** 5.94M€

**Duración:** 01/09/2021-30/03/2026

[ TECHNOLOGY CENTRE ] **CARTIF**



**CETAQUA**  
WATER TECHNOLOGY CENTRE



KØBENHAVNS  
UNIVERSITET



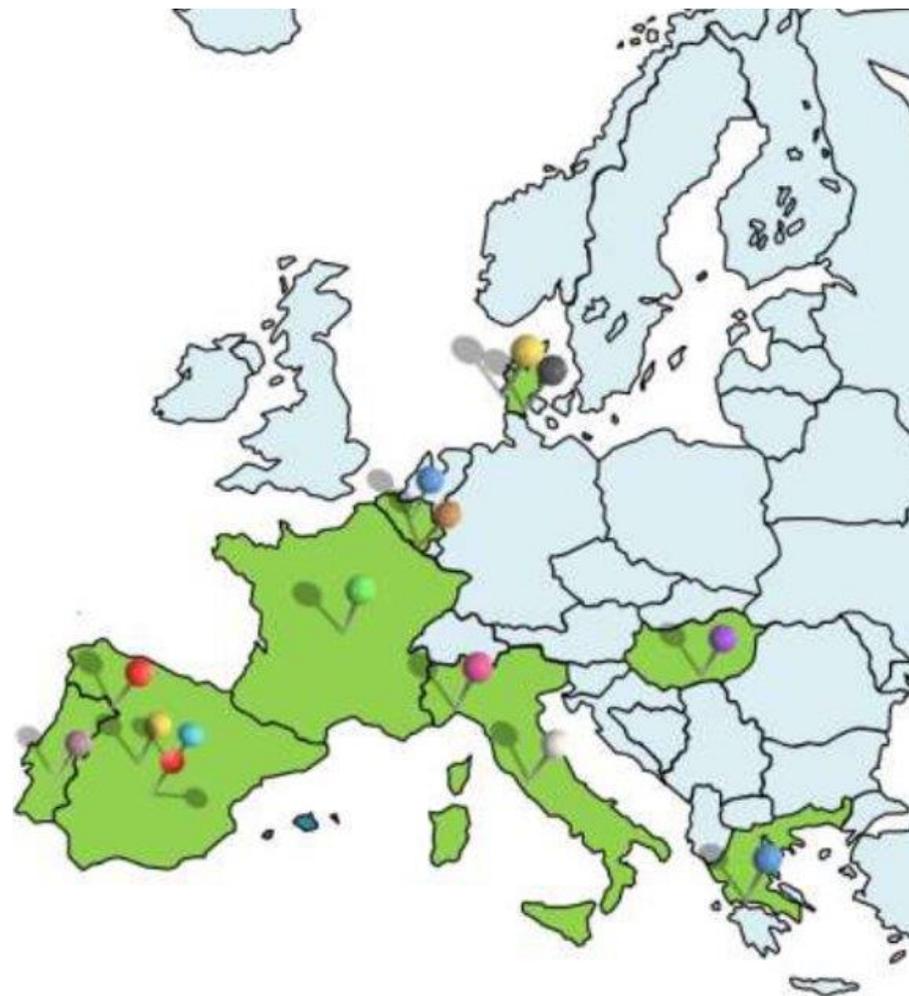
**SDU**  
University of  
Southern Denmark

FONDAZIONE  
**ICONS**

**AGRINNOVA**



12 90  
UNIVERSIDADE D  
COIMBRA



**CETAQUA**

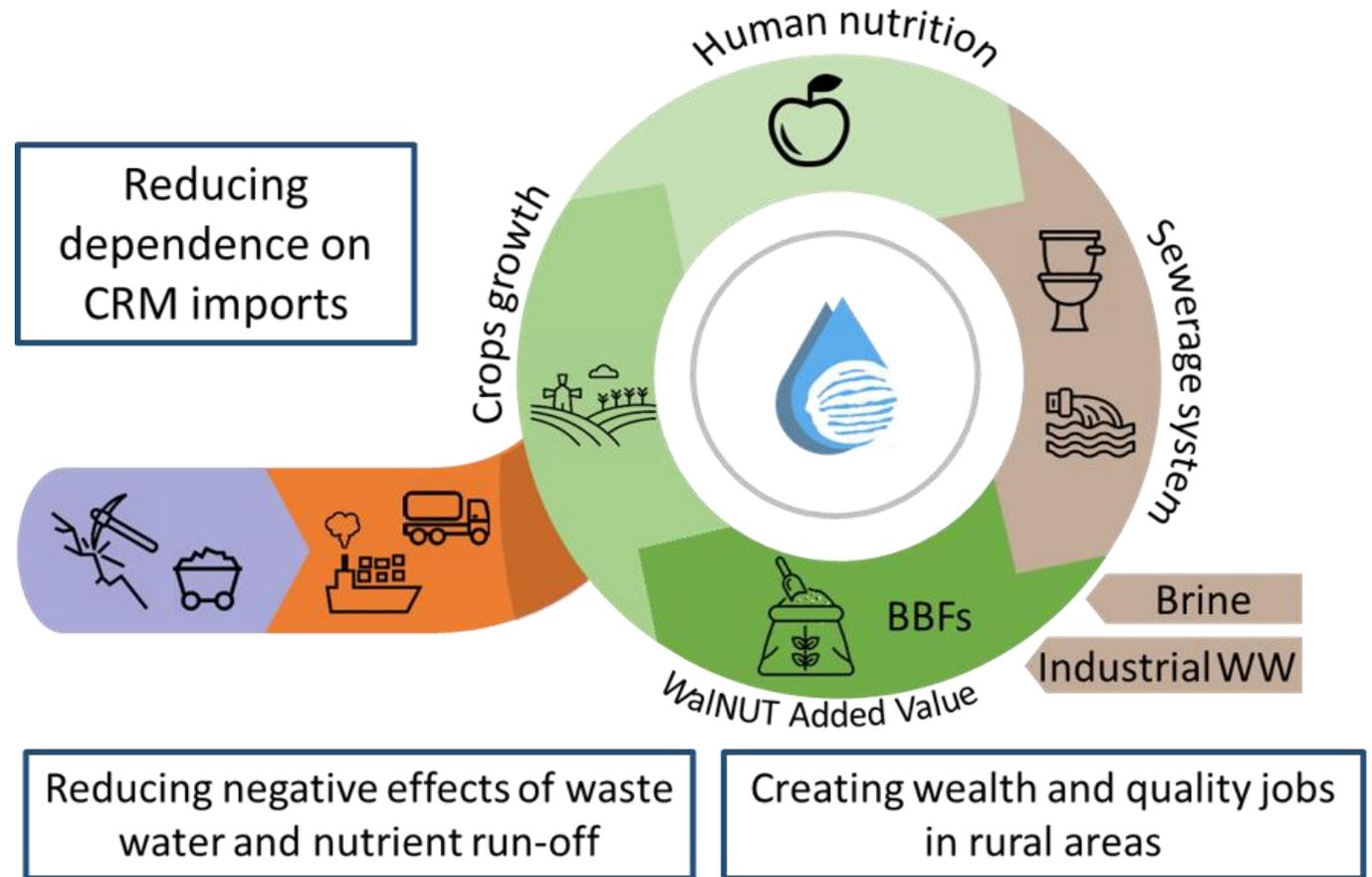
## Futuros pasos



[www.walnutproject.eu](http://www.walnutproject.eu)

### Objetivo:

Rediseñar la cadena de valor y suministro de nutrientes a partir de aguas residuales y salmuera, creando soluciones innovadoras para la recuperación de nutrientes y contribuyendo a la economía circular y la sostenibilidad en el sector agrícola de la UE.

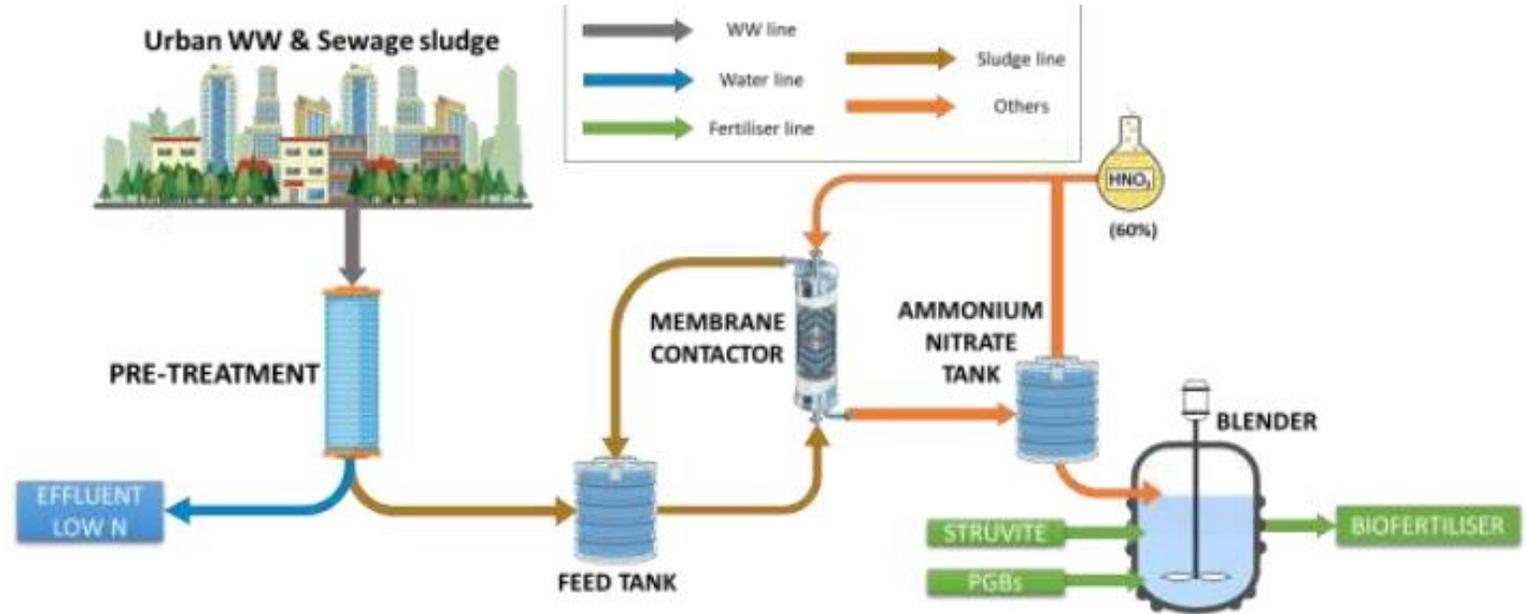


## Futuros pasos

El objetivo de esta cadena de tratamiento es recuperar el nitrógeno del agua residual como una sal de amonio.

Esta cadena de tratamiento consta de una unidad de intercambio iónico, para concentrar el amoníaco, y una unidad de contacto de membrana de fibra hueca (HFMC) para recuperarlo.

Después de eso, la sal de amonio se mezclará con estruvita recuperada y bacterias de crecimiento de plantas (PGBs) para producir un SMART BBF.



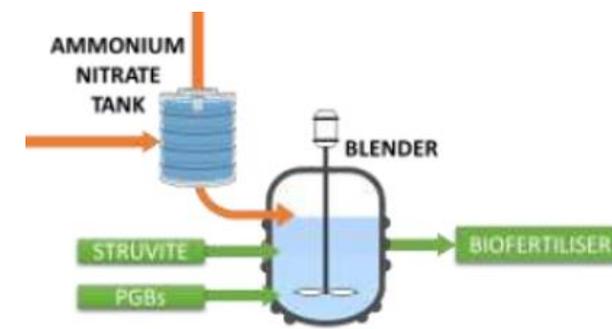
## Futuros pasos

### Formulación inteligente de BBF

Una vez que se recupera la sal de amonio, comienza la formulación.

Después de un análisis del suelo, se diseña el fertilizante hecho a medida.

- Para producir un BBF inteligente se agregan algunas bacterias de crecimiento vegetal.



# Mensajes finales

---

## El modelo de Biofactoría



## BIOFACTORÍA

- Agua
- Energía
  - Metano
  - H<sub>2</sub>
  - NH<sub>3</sub>
- Recursos
  - Nutrientes
  - Polifenoles
  - Microplásticos
  - Enzimas

# Gracias por vuestra atención

---

**Contáctame:**

**Álvaro Mayor, Project Manager en Cetaqua**  
**[alvaro.mayor@cetaqua.com](mailto:alvaro.mayor@cetaqua.com)**